

控制与保护开关电器的进展

陈德桂

(西安交通大学, 陕西 西安 710049)



陈德桂 (1933—), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为新型低压电器。

摘要: 控制与保护开关电器 (CPS) 是一种用于保护和控制电动机的开关电器, 它由电动机断路器和接触器组成。介绍了其 3 种组合方式, 分析了组合电器在短路电流作用下的协调配合和改善协调配合的方法, 对新型集成化的 CPS 也做了介绍。

关键词: 控制与保护电器; 短路协调配合; 集成化

中图分类号: TM 56 文献标识码: A 文章编号: 1001-5531(2008)09-0001-04

Recent Development of Control and Protective Switching Devices

CHEN Degui

(Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: Control and protective switching device is used for electrical motors, which consists of motor circuit breaker and contactor. This paper introduces three different designs of those devices, analyses the coordination of motor circuit breaker with contactor under short circuit current, propose the approaches to improve the coordination. A new control and protective device with integrated multiple function is also to be described.

Key words: control and protective switching device (CPS); short circuit current coordination; integration

0 引言

电动机的控制与保护是低压电器在工业控制领域的一个主要应用, 实现该功能的低压电器被称为控制与保护开关电器 (Control and Protective Switching Devices, CPS), 它由电动机断路器 (Motor Circuit Breaker, MOCB) 和接触器两部分组成, 前者起各种保护和在故障情况下通断电路的作用; 后者起控制作用。目前, 有 3 种方案组成这种组合电器: ① 标准 MOCB+标准接触器; ② 专用 MOCB+专用接触器; ③ 断路器和接触器集成, 共用一个触头系统。

该组合电器的一个关键技术问题是接触器与 MOCB 间在短路电流下的协调配合问题。按照 GB 14048 和 IEC 60947 要求, 有两类配合要求: 第 1 类配合要求在短路试验后, 接触器更换零件后可继续使用, 不造成对人和设备危害; 第 2 类配合要求接触器不可更换零件, 不对人及设备造成危险, 可继续使用。考虑协调配合的短路条件, 有两种额定限制短路电流 I_k 和 I_{k1} 由接触器 AC3 额

定工作电流 I_n 决定, 例如 $I_n \leq 16$ A 时, 取 $I_k = 1$ kA, 16 A $< I_n \leq 63$ A 取 $I_k = 3$ kA。一般 $I_k > I_n$, 它由保护装置的预期短路电流决定。

第 1 类组合方式, 由于电动机和接触器都是市场上通用产品, 易于购买, 但是满足第 2 类协调配合很困难, 一般通过选用大规格的接触器来解决; 第 2 类组合方式现在被大多数低压电器公司所采用, 如金钟穆勒公司的 PKZ MOCB 和 DIL 接触器组合, 施耐德公司的 GV MOCB 与 LCD 接触器组合; 第 3 类组合方式, 采用集成化方式, 把 MOCB 和接触器组合成一个整体, 组成一个多功能的低压开关电器, 施耐德公司在上世纪开发了 Integra 系列, 新世纪又推出新型的 TeSys U 系列, 后者是一种智能化、集成化的低压开关电器。

1 短路电流下协调配合仿真研究^[1]

德国德里斯登技术大学与比利时 WEG 公司的 Roschke 等人对电动机 CPS 在短路电流条件下进行了仿真研究, 仿真包括: 不同场域、电路方程、

机械运动以及电弧数学模型的多种耦合, 多种场域包括磁场和电流场。电弧模型考虑等离子体和热力学模型, 作为动态仿真各种微分方程之间的耦合关系 (见图 1), 其中, 机械运动通过分断过程中触头开距变化与电弧模型耦合起来, 电弧模型通过电弧电压与电路瞬态方程耦合, 而后者通过回路电流与磁场方程联系, 而磁场方程通过触头电动斥力、磁脱扣器吸力与机械运动相耦合, 通过吹弧磁场与电弧模型耦合。图 2 为 MOCB 与接触器组合, 各自主触头串联起来, 通过断路器磁脱扣器线圈接到主电路。

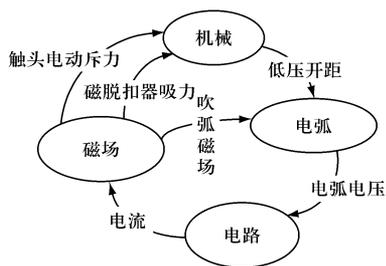


图 1 仿真物理模型

不同短路电流下, CPS 中的 MOCB 与接触器的协调配合仿真结果如表 1 所示。低短路电流时, 当电流大于磁脱扣器整定值时, 脱扣器带动操作机构使断路器开断, 由于电流不大, 接触器的触头保持闭合状态, 这时接触器触头是否发生熔焊决定于短路电流大小与持续时间。中等短路电流时, 断路器触头由于电动斥力作用先于磁脱扣

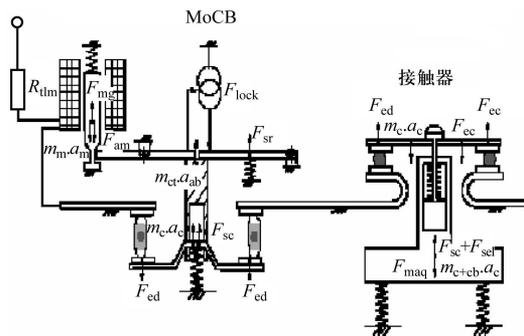


图 2 分断短路电流时的 CPS

器动作而斥开, 由于短路电流尚不够大, 触头打开速度不高, 吹弧磁场也不大, 而燃弧时间较长, 但这一电流已足够使接触器触头斥开。触头斥开后产生电弧, 电弧使接触器触头表面材料熔化, 这样当电流减小, 接触器动触头返回时, 由于触头斥开距离不大, 触头回落时间较早, 容易产生动静触头熔焊现象。大短路电流情况, 断路器触头在电动斥力作用下很快斥开, 并且卡位机构防止断路器动触头返回, 由于触头斥开速度快, 吹弧力使电弧快速运动, 在此同时, 接触器的触头也在电动斥力作用下快速斥开, 并且由于电动力大, 动触头斥开到较大的开距, 当接触器触头开始返回时, 由于断路器在大短路电流下, 有很强的限流作用, 因而此时电弧已燃灭, 当动触头返回与静触头接触, 由于动触头回落较迟, 触头表面熔化的金属已固化, 因而产生熔焊的可能性较小。从仿真结果看, 当中等短路电流时, CPS 中协调配合情况最严峻。

表 1 不同短路电流下, MOCB 与接触器的协调配合

短路电流 ($\geq 14.4 I_n$)	MOCB 动特性	接触器动特性
低短路电流 (小于接触器动稳定电流, 小容量接触器为 0.5~1 kA)	磁脱扣器动作使触头打开	触头保持在合闸位置, 是否熔焊取决于短路电流持续的时间与大小
中等短路电流 (以预期试验电流 I_p 来评价 $I_p \leq 16 A$ 取 1 kA, $16 A < I_p \leq 32 A$ 取 3 kA)	磁脱扣器和电动斥力使触头打开, 触头斥开后靠卡住机构防止动触头返回	动触头在电动斥力作用下斥开, 触头材料熔化, 动触头返回后易造成触头熔焊, 是严峻的工作状态
高短路电流 ($> 5 \sim 10 kA$ 试验电流取 I_p 如 $I_p > I_p$)	电动斥力使触头打开, 触头斥开后靠卡住机构防止动触头返回	电动斥力大, 使动触头斥开距离大, 在电流过零后动触头才返回, 动静触头重新闭合时, 融化的触头材料已固化, 触头熔焊的可能性较少

2 CPS短路协调配合性能的提高

在短路电流条件下,要实现 CPS良好的协调配合,防止接触器触头熔焊,可采取以下 4 项措施:① 接触器触头采用抗熔焊材料;② 提高断路器限流性能;③ 接触器触头系统采用特殊抗熔焊结构;④ 采用电动机断路器和接触器的集成化机构。

由于环保原因,当前接触器触头材料普遍应用 $AgSnO_2$ 来代替 $AgCdO$ $AgSnO_2$ 较 $AgCdO$ 有更好的热稳定性和抗熔焊性能,但接触电阻高,引起触头温升高。由上一节分析,接触器触头熔焊与 MCCB 限流性能有关,提高断路器限流性能,可减少接触器触头熔焊可能性,所以, MCCB 一般采用两种方式来加速短路电流下的触头分断速度:一是采用冲击电磁铁,当短路电流通过电磁铁线圈,动铁芯直接打击触头系统,如图 3 所示;二是利用触头的电动斥力。为保证良好的分断性能, MCCB 采用桥式双断点结构。

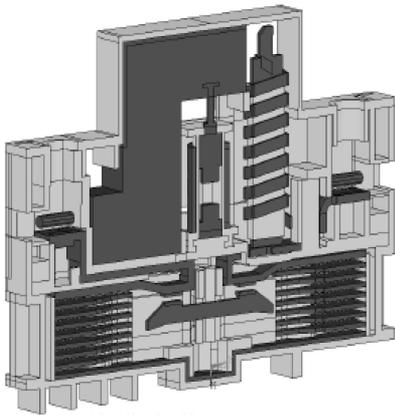


图 3 用冲击电磁铁直接打击触头系统

提高接触器的抗熔焊性能,也可采用特殊的抗熔焊触头结构,一种是采用类似 MCCB 的机械卡位结构,当接触器由于电动斥力斥开后,由机械方式使动触头保持在打开位置,美国伊顿公司的 Zhou 博士提出一种电磁式卡位结构^[2],如图 4 所示,在动触头支架上放有动触头桥,和一般机构不同之处是动触桥由一 U 型衔铁包围,在触头支架顶部固定有平板铁片,当短路电流通过触桥时 U 型衔铁带动触桥吸向平板铁片,在短路电流期间这一结构能延缓触桥返回时间。当动、静触头重

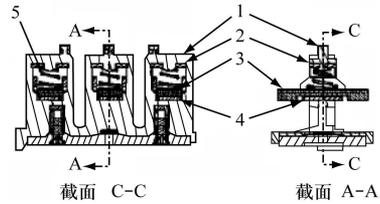
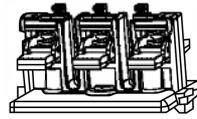
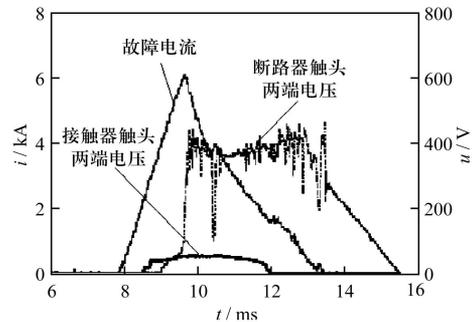


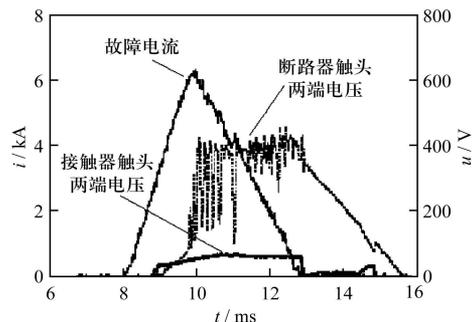
图 4 带有电磁式卡位结构的接触器触头系统
1—动触头支架 2—平板铁片 3—动触桥
4—U 型衔铁 5—触头弹簧

新闭合时,触头上熔化金属已固化,因而可避免触头熔焊现象。

以振荡回路为电源,对一额定电流为 50 A 的接触器与 MCCB 做协调配合试验,接触器采用传统和带电磁卡位机构两种样机,试验按第二类配合要求进行,试验电流为 18 kA 电压为 277 V 时的两种结构试验波形如图 5 所示。由图 5 (a) 可见,回路电流尚未到零时,接触器触头电压已到



(a) 断路器和传统接触器组合



(b) 断路器和带电磁卡位机构接触器组合

图 5 18 kA 和 277 V 时的试验波形

零,这意味着动触头已返回与静触头重新闭合,此后的接触器触头电压为零,表示触头已熔焊。由图 5(b)可见,当回路电流到零后 2 ms 左右,接触器触头电压才到零,说明接触器动静触头重新闭合时,回路已无电流,然后在接触器触头上呈现的电压由电源电压按断路器和接触器断口的介质恢复进行分配。

3 集成化 CPS

让断路器和接触器共用一个触头系统,组成一个集成化的开关电器,就能很好解决 CPS 的协调配合问题,实现短路条件下断路器和接触器的全配合,早在 20 世纪 90 年代,施耐德公司就推出 Integra 系列 CPS 国内也开发了集成化 CPS KB 系列,有 32 A 和 63 A 两种规格,主触头采用桥式结构,依靠冲击电磁铁获得强烈的限流作用。进入新世纪,施耐德公司又推出 TeSys U 系列 CPS 目前,市场上能提供 12 A 和 32 A 两种电流规格,它具有断路器、接触器和电动机的各种保护的功能。图 6 为它的结构原理图,主触头为桥式触头,断路器和接触器共用一个触头系统,断路器的操作机构和接触器的电磁铁可通过挡板操作动触头的开闭,在没有外力作用下,触头系统在压缩弹簧作用下处于闭合位置,断路器部分依靠触头电动斥力进行限流,在 400 V 下开断能力达 50 kA 接触器部分由脉宽调制 (PWM) 方式供电,通过电流反馈,实现对操作电磁铁的智能控制,可使 AC43 电气寿命达 200 万次,操作电磁铁采用如图 7 所示永磁电磁铁,加上吸合时调节供电方式 PWM 占空比,使该电器为一种节能型电器,控制回路功耗仅 1.7~3 W,该电器为模块化结构,通过不同模块组合,可实现电动机多种智能化保护,

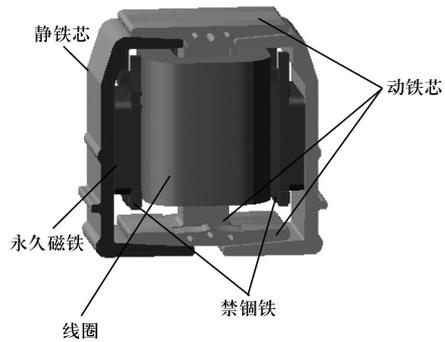


图 7 永磁操作电磁铁

包括过载和短路、缺相和三相不平衡等保护,有故障报警和多种检测功能,通过通信模块可与 ASI 和 Modbus 总线接口。

4 结 论

(1) 电动机 CPS 由断路器和接触器组成,有 3 种组合方式。

(2) MOCB 和接触器在短路电流下的协调配合是这种电器的技术关键,通过不同大小的短路电流分断过程仿真,得出中等短路电流协调配合最严峻。

(3) 有 4 种措施可以防止短路电流作用下接触器触头的熔焊现象,其中,电磁卡位机构是接触器触头系统采用的一种新颖结构。

(4) 断路器和接触器共用一个触头系统,构成集成化的开关电器,能实现短路条件下断路器和接触器的全配合。新型的集成化的 CPS 是一种高度智能化的开关电器。

【参考文献】

- [1] ROSCHKE T, GUNTHER ID, SIUARTR J. Simulation of the Dynamic Behavior of Motor Circuit Breakers Under Short-Circuit Current [J]. // Proceedings of 20th International Conference on Electrical Contacts 2000, 68-73.
- [2] ZHOU Xi-p, LITTLE M. A Novel Concept for Fault Current Tolerable Contactors [J]. IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, 2005, 28 (4): 710-716.
- [3] 施耐德公司. 电动机起动控制设备 TeSys U 样本 [Z].

收稿日期: 2008-01-30

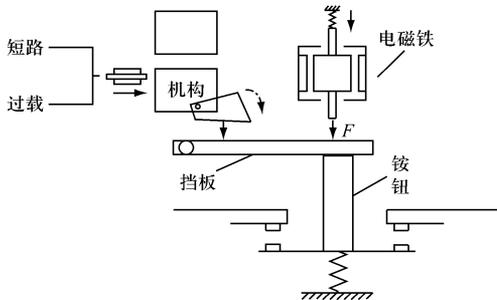


图 6 TeSys U 型 CPS 原理图